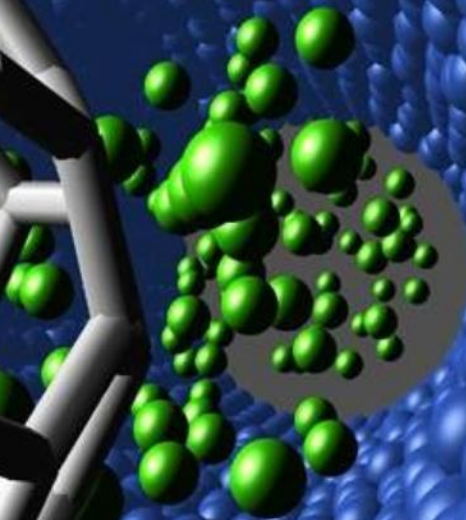
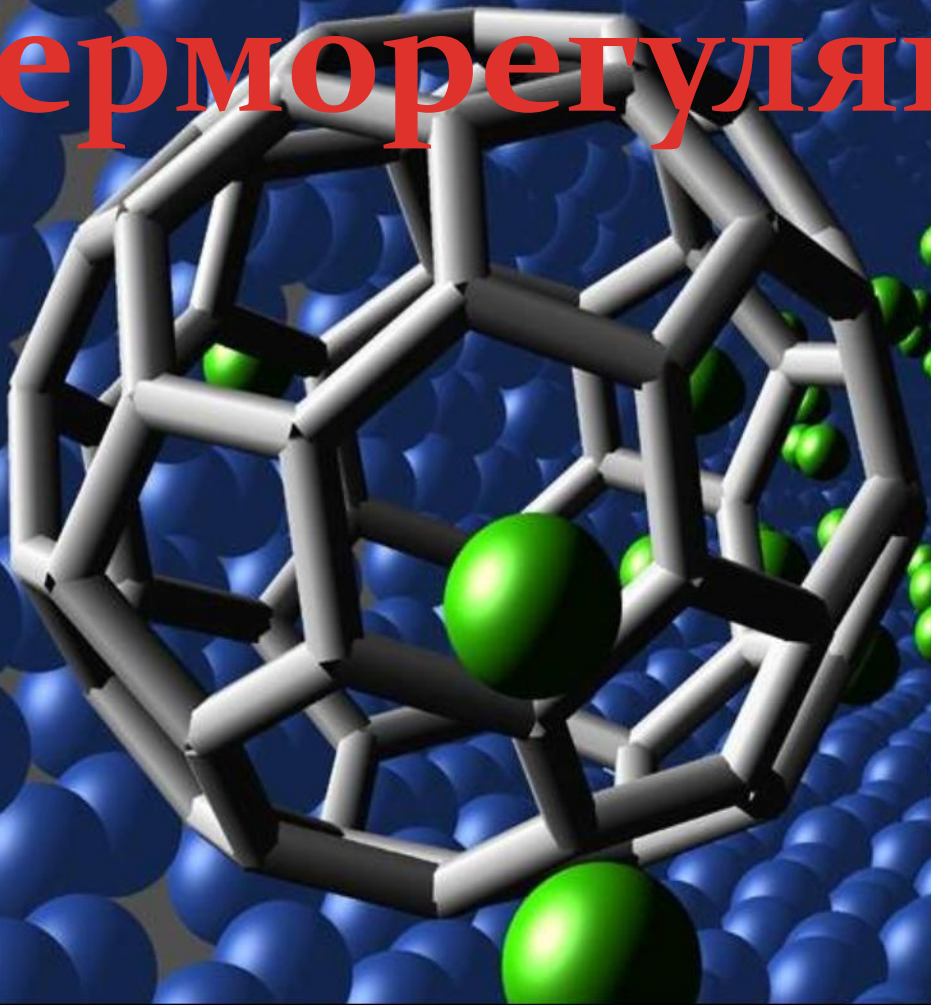


Обмен веществ  
и энергии.  
Терморегуляция.



# ВОПРОСЫ:

- 1. Роль обмена веществ в обеспечении энергетических потребностей организма.
- 2. Методы изучения обмена энергии.
- 3. Основной обмен.
- 4. Теплорегуляция. Теплопродукция, теплоотдача.

# 1. Роль обмена веществ в обеспечении энергетических потребностей организма.

- **Обмен веществ** - совокупность физических, химических и физиологических процессов превращения веществ и энергии в организме животных и обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой.

- Обеспечивает пластические и энергетические потребности организма.

## **Пластический обмен или анаболизм**

(ассимиляция) - синтез органических веществ (углеводы, жиры, белки), с затратой энергии.

## **Энергетический обмен или катаболизм**

(диссимиляция) - распад органических веществ, с освобождением энергии. Конечными продуктами распада являются углерод, вода и АТФ.

- Организм получает энергию, главным образом, из корма, в меньшей степени - непосредственно от Солнца. Питательные вещества - белки, жиры и углеводы - содержат химическую, или потенциальную энергию. При распаде питательных веществ эта энергия освобождается.
- При окислении 1 г белка выделяется 4,1 ккал, 1 г углеводов – 4,1 ккал и 1 г жира – 9,3 ккал.
- Энергия извлекается из поступающих в организм питательных веществ и преобразуется в формы макроэргических (АТФ, креатинфосфат и другие молекулы) и восстановленных (НАДФ – Н-никотин-амид-адениндинуклеотидфосфат) соединений.
- Макроэрги – депо энергии в организме.

Энергия, содержащаяся в макроэргах, является главным источником энергии в организме. Новой энергии в организме не образуется, она только переходит в другие виды энергии.

**Освобождающаяся энергия затрачивается на следующие цели:**

- - биосинтез более сложных молекул из относительно простых;
- - поддержание постоянной температуры тела;
- - выполнение механической работы;
- - накопление резервных веществ, синтез молока, шерсти и др. продукции;
- - транспорт веществ через биологические мембраны против концентрационного градиента, то есть работа ионных насосов (калий-натриевый, кальциевый, водородный, йодный и др.);
- - рост и деление клеток;
- - биолюминесценция.

В конечном итоге все виды энергии в организме - химическая, механическая, тепловая, электрическая - превращаются в **тепловую** энергию.

# Энергетический баланс – соотношение между расходом энергии организмом и поступлением ее за счет корма.

- Различают:

- **Валовая энергия** – энергия, заключенная в корме.

- **Валовая энергия – энергия кала – энергия мочи – энергия кишечных газов = Физиологически полезная или обменная**

*Физиологически полезная или обменная энергия расходуется:*

1. **Энергия основного обмена** - определенная, относительно постоянная часть обменной энергии, расходуется на обеспечение процессов в тканях, связанных с поддержанием жизнедеятельности клеток и органов вне их приспособительной деятельности, в покое, в положении лежа и натошак.
2. **Энергия переменных затрат** - используется для обеспечения процессов, связанных с тонусом скелетных мышц при стоянии, при их сокращении— перемещении в связи с поиском, приемом корма, жеванием, с моторной, секреторной и другой деятельностью пищеварительного аппарата при переваривании корма, дефекацией, мочеиспусканием, поддержанием температуры тела.
3. **Энергия продукции** – идет на прирост массы тела, образование молока, яиц, шерсти.

## 2. Методы изучения обмена энергии.

- Для оценки энергетического обмена сравнивают количество энергии, поступающей в организм и количество энергии, выделяющейся во внешнюю среду.
- **Приход** энергии рассчитывают по энергетической ценности питательных веществ корма (ВАЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ).
- **Расход** энергии определяют по количеству освобожденного из организма тепла (ОБМЕННАЯ ЭНЕРГИЯ).

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВОЙ ЭНЕРГИИ** – в калориметрической бомбе Бертло.

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ:**

- **Прямая калориметрия**
- **Непрямая калориметрия**

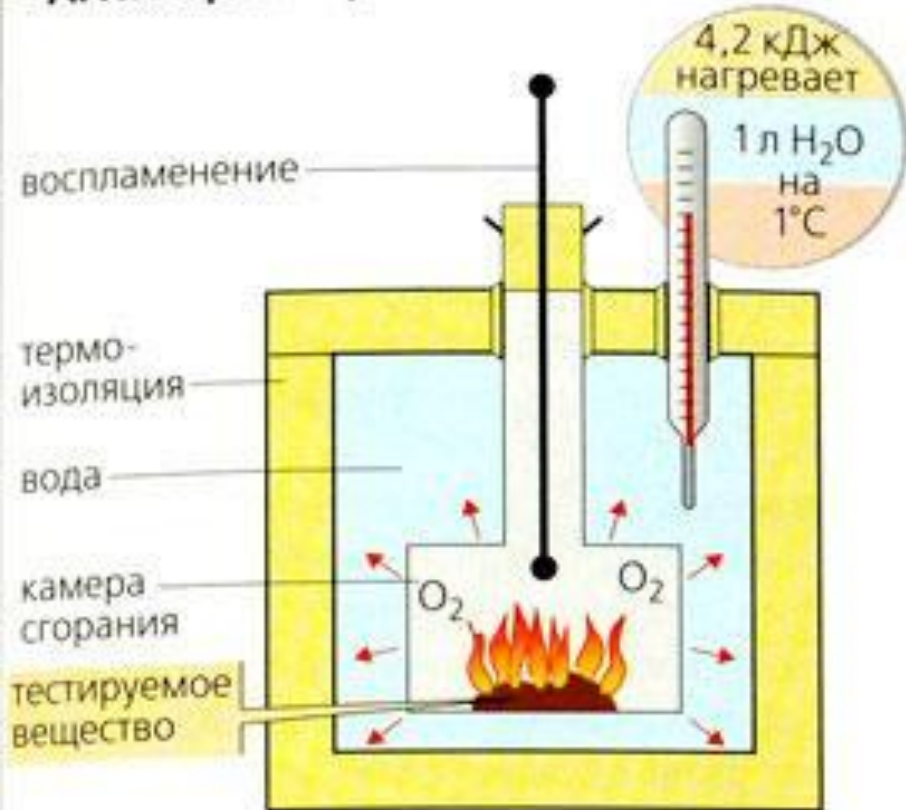
# Определение валовой энергии

Энергию, содержащаяся в кормах, определяют по количеству теплоты, образующейся при сжигании исследуемого корма в аппарате – калориметрическая бомба Бертло, т.е. в замкнутой камере, погруженной в водяную баню, где пробы сжигают в атмосферном воздухе.

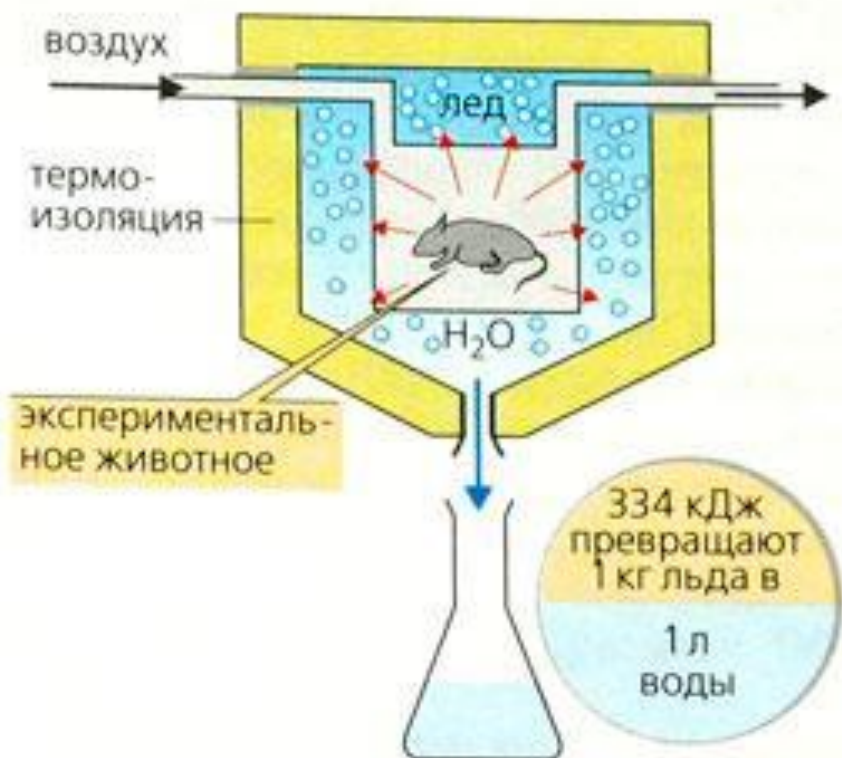
Углеводы при сжигании выделяют 4,1 ккал тепловой энергии, жиры – 9,3 ккал, белки – 5,4 ккал. При сжигании белка выделяется больше энергии, чем при его окислении в организме. В калориметрической бомбе при сжигании белка выделяется 5,4 ккал, а при окислении в организме 4,1, т.к в организме часть энергии выделяется с мочой (аминогруппа отщепляется от молекулы белка и выводится с мочой -мочевина).



## А. Калориметрическая бомба



## Б. Прямая калориметрия

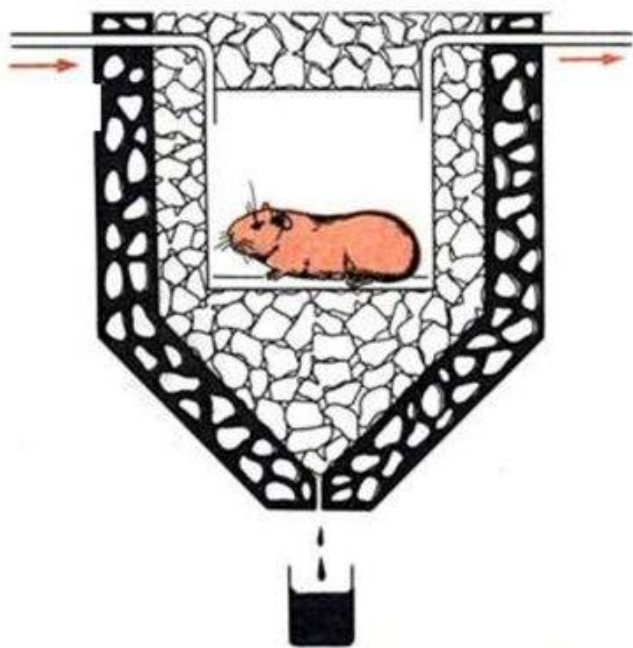


# Определение обменной энергии методом прямой калориметрии

- **Прямая калориметрия** - измерение количества тепла, выделяемого организмом с поверхности тела.
- У мелких животных его определяют в калориметрических камерах, куда помещают на определенное время животное.
- Камера изолирована от окружающей среды. Внутри камеры, или между ее двойными стенками циркулирует вода и идет регистрация температуры воды на входе и выходе.
- Животное выделяет в камеру тепло, которое и нагревает циркулирующую воду. Зная объем протекающей воды и величину ее нагрева вычисляют количество тепла, выделенное животным за учетный период времени. В камере предусмотрены системы вентиляции, подачи корма и воды, удаления продуктов жизнедеятельности.
- Метод достаточно точный, но сложные в техническом отношении, особенно при работе с крупными животными.

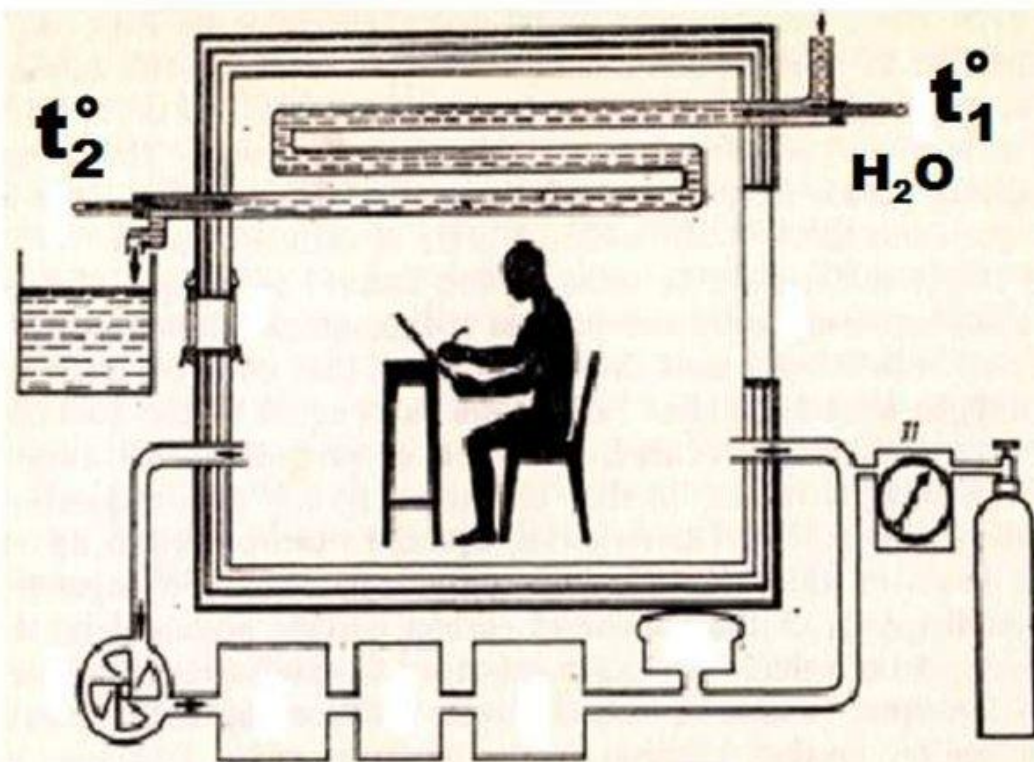
# ПРЯМАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ

Лавуазье (конец VIII в)



**БИОКАЛОРИМЕТР ДЛЯ МЕЛКИХ ЖИВОТНЫХ**  
(тепло вызывает таяние льда; учитывается объём талой воды)

Этуотер, Бенедикт (конец XIX в)



**БИОКАЛОРИМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСХОДА ЭНЕРГИИ У ЧЕЛОВЕКА**  
(тепло нагревает воду, протекающую по трубе; учитывается разница температуры воды)

# Определение обменной энергии методом непрямой калориметрии

- **Непрямая калориметрия** - расчет теплопродукции по дыхательному коэффициенту (ДК).
- **Дыхательный коэффициент** - это отношение объема выделенного углекислого газа к объему поглощенного кислорода за определенное время. Газообмен у мелких животных определяют в респирационных камерах, у крупных - путем сбора воздуха, выдыхаемого животным через респираторы (маски) в воздухо непроницаемые мешки. Собранный воздух пропускают через газовые часы, определяя его объем, а затем исследуют на газоанализаторе содержание в нем кислорода и диоксида углерода. Состав атмосферного воздуха стабильный и обычно его не определяют.
- Метод основан на определении количества кислорода, используемого в процессах окисления.

# Дыхательный коэффициент

Под **дыхательным коэффициентом** понимают отношение объема выделенного углекислого газа к потребленному кислороду:

$$ДК = \text{CO}_2 / \text{O}_2$$

ДК зависит от окисляемого субстрата.

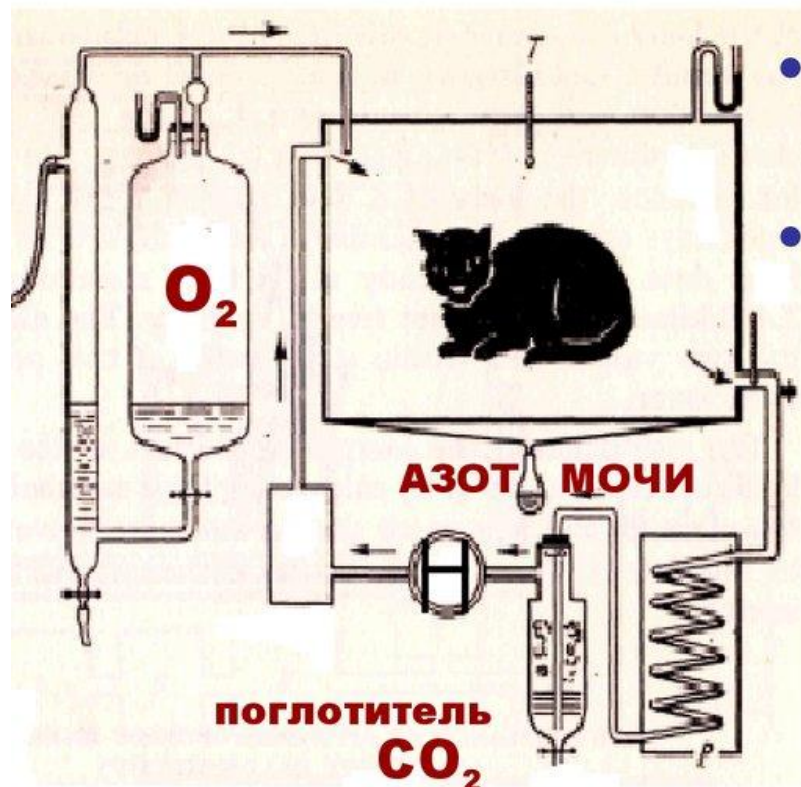
- ***ДК при окислении глюкозы равен единице.***
- ***При окислении жиров ДК = 0,7.***
- ***При окислении белков - 0,8.***
- При окислении в организме разных веществ ДК колеблется в пределах 0,70 - 1,0. По дыхательному коэффициенту можно определить, какие вещества и в каком количестве окислялись в организме.

- Каждой величине ДК соответствует определенный **энергетический (калорический) эквивалент кислорода** - количество тепла, выделяемого организмом при потреблении **1 литра кислорода**. Разработаны таблицы, в которых каждому показателю ДК соответствует свой калорический эквивалент кислорода. Поэтому, зная количество потребленного кислорода и ДК, нетрудно вычислить, какое количество тепла образовалось в организме за данный промежуток времени.

Итак, для определения теплопродукции методом непрямой калориметрии проделывают следующие операции.

- 1 - собирают выдыхаемый воздух за 5 - 10 - 20 минут и определяют его газовый состав;
- 2 - вычисляют дыхательный коэффициент и объем воздуха за 1 мин.;
- 3 - находят по табличным данным калорический эквивалент кислорода, соответствующий данному ДК;
- 4 - определяют теплопродукцию за минуту.

# НЕПРЯМАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ: 1. МЕТОД ШАТЕРНИКОВА



- **Закрытый метод**
- **С полным газовым анализом ( $O_2$  и  $CO_2$ )**
- **В течение 24 часов**  
позволяет определить  
и расход веществ (БЖУ),  
и расход энергии  
по азоту мочи и данным  
газообмена

(Учебник 2001 под ред.  
В.М.Смирнова, стр. 399)

## 3. Основной обмен.

**Основной обмен** - это минимальное количество энергии, которое необходимо для поддержания жизненно важных функций при полном мышечном покое, в состоянии натошак и при 15 - 20<sup>0</sup>С в помещении, в состоянии бодрствования. В таких стандартных условиях обмен энергии достаточен для минимального уровня окислительных процессов в клетках, осуществления работы сердечно - сосудистой, дыхательной, выделительной систем и небольшого мышечного тонуса.

Основной обмен изучают методом прямой и непрямой калориметрии.

**Для измерения основного обмена нужно соблюдать условия:**

- состояние относительного покоя;
- нахождение в температурной среде, исключая активность механизма терморегуляции;
- относительное освобождение желудочно-кишечного тракта от пищевых масс.



У сельскохозяйственных животных трудно добиться соблюдения этих условий. Поэтому у них определяют не основной обмен, а **обмен покоя**, который выше основного.

Прием корма вызывает повышение энергетического обмена и называется **специфическим динамическим действием корма** (потребление белков увеличивает обмен на 30%).

**Общий обмен** - зависит от физиологического состояния животного (беременность, лактация, физическая или психическая нагрузка), продуктивности, а также от внешних факторов - климатических условий, метеорологических факторов, условий кормления и содержания и т.п.

- **Регуляция обмена энергии** тесно связана с регуляцией обмена веществ. Участвует кора больших полушарий, гипоталамус, вегетативная нервная система. Из желез внутренней секреции - гипофиз, эпифиз, щитовидная и поджелудочная железы, надпочечники, половые железы. Гормоны этих желез регулируют синтез и распад веществ в организме, что непосредственно связано с затратой или освобождением энергии.

## 4.Теплорегуляция.

### Теплопродукция, теплоотдача.

- Обмен тепловой энергии между организмом и окружающей средой называется **теплообменом**.
- Живые организмы подразделяются на **тепло - (гомойотермные)** и **холоднокровные (пойкилотермные)**.

## Теплокровные и холоднокровные животные

4

- **Пойкилотермные** (от греч. *Poikilos* - различный, переменчивый и *théttē* — тепло) — холоднокровные животные, с непостоянной температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры внешней среды.

(Все беспозвоночные, а из позвоночных — рыбы, земноводные и пресмыкающиеся).



- **Гомойотермные** (от греч. *Homoios* - равный, одинаковый и *thermē* - теплота), теплокровные животные с постоянной температурой тела, не зависимо от температуры окружающей среды.

(Млекопитающие, птицы)



# ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

```
graph TD; A[ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ] --> B[ХИМИЧЕСКАЯ – образование тепловой энергии]; A --> C[ФИЗИЧЕСКАЯ – отдача тепла]; B --> D[При расщеплении белков, жиров и углеводов образуется энергия, часть ее преобразуется в тепловую (ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ)]; C --> E[ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ]; C --> F[ТЕПЛОИЗЛУЧЕНИЕ]; C --> G[ИСПАРЕНИЕ];
```

**ХИМИЧЕСКАЯ –  
образование  
тепловой энергии**

При расщеплении белков,  
жиров и углеводов  
образуется энергия, часть  
ее преобразуется в  
тепловую  
**(ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ)**

**ФИЗИЧЕСКАЯ –  
отдача тепла**

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ**

**ТЕПЛОИЗЛУЧЕНИЕ**

**ИСПАРЕНИЕ**

- **Терморегуляция** - это поддержание постоянной температуры тела, или температурного гомеостаза. Постоянство температуры тела определяется балансом двух процессов - теплопродукцией и теплоотдачей.
- **Теплопродукция, или химическая терморегуляция**, или термогенез - это процессы образования тепла в результате освобождения энергии из химических связей. Тепло выделяется как в аэробных условиях (окислительные процессы), так и в анаэробных (распад макроэргов). Основными органами, участвующими в химической терморегуляции, являются мышцы, печень, кишечник, а у жвачных - и рубец.
- **Теплоотдача, или физическая терморегуляция**, или темолиз - это процессы выделения тепла из организма. Основные механизмы физической терморегуляции следующие:
  - - **теплоизлучение** - рассеивание тепла в окружающем воздухе;
  - - **конвекция** - согревание слоя воздуха, окружающего тело животного;
  - - **теплопроводение** - передача тепла от тела животного к холодному предмету (пол, стенка).
  - - **выделение** тепла из организма для испарения пота, слюны;
  - - **выделение** тепла с выдыхаемым воздухом (периодическое частое дыхание - тепловая одышка), с мочой, калом, молоком.

# Температура тела

- Понятие "температура тела" является очень неопределенным, так как температура разных органов и тканей неодинакова. Температура кожи различна на разных ее участках, может колебаться в пределах 10 - 20<sup>0</sup>С, она зависит от особенностей кровоснабжения, густоты волосяного покрова, температуры и влажности воздуха, ветра и др. факторов. Температура внутренних органов более постоянна, колеблется в пределах 1 - 2<sup>0</sup>С, в меньшей степени зависит от внешних условий и в большей - от функционального состояния отдельных органов и организма в целом.
- С клинической целью принято измерять температуру в прямой кишке на расстоянии 5 - 8 см от ануса; эту температуру и принимают за температуру тел

# Температура тела взрослых животных (измерения в прямой кишке)

- лошадь 37,5-38,5 °С;
- крупный рогатый скот 37,5-39,5 °С;
- овцы, козы 38,5-40,0 °С;
- свиньи 38,0-40,0 °С;
- собака - 37,5-39,0 °С;
- кошка – 38,0-39,5 °С;
- кролик - 38,5-39,7 °С;
- курица 40,3-41,7 °С

# Регуляция температуры тела

## ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

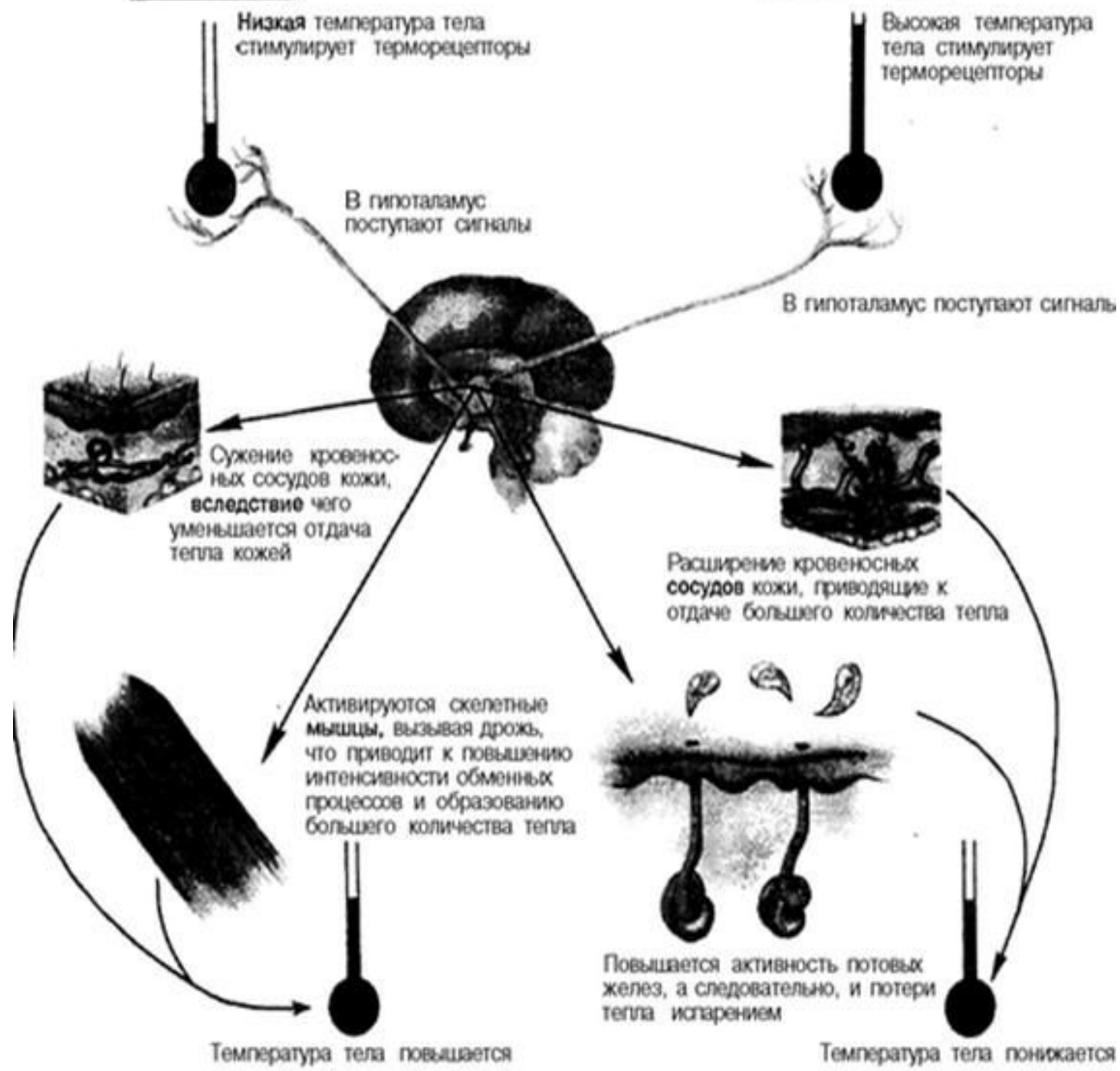


- **ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ**  
– уравнивание процессов образования и отдачи тепла.
- Осуществляется **нейрогуморальным способом.**
- Центр нервной регуляции расположен в **промежуточном мозге.**

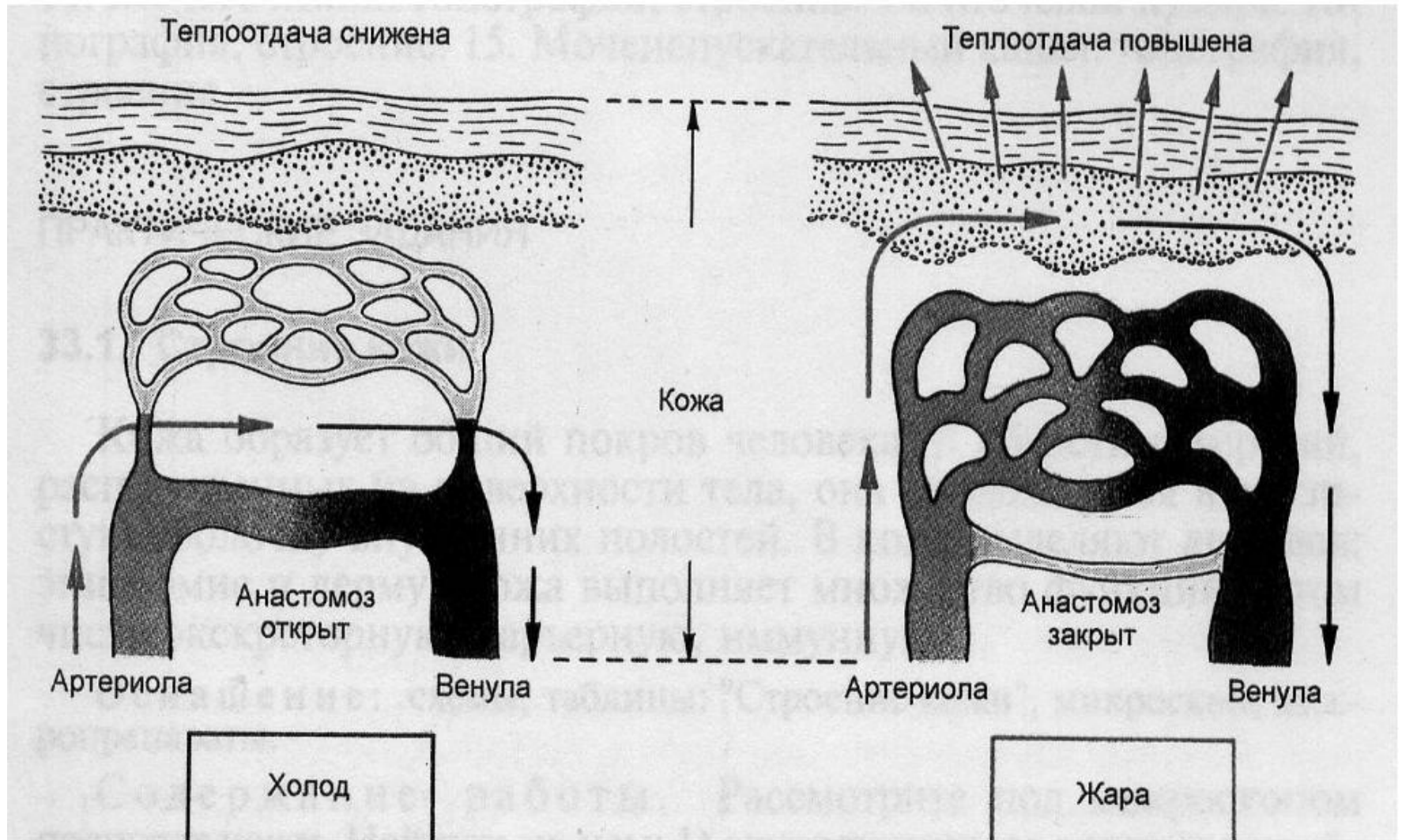


- Центр теплорегуляции (терморегуляции) находится в гипоталамусе, состоит из двух отделов - центра теплопродукции и центра теплоотдачи. Информация в центр теплорегуляции поступает от терморцепторов, расположенных в коже и в кровеносных сосудах. Чувствительны к температуре крови также нейроны гипоталамуса (медиальная преоптическая зона).
- Температура тела повышается, если теплопродукция превышает теплоотдачу, и понижается, если теплоотдача превышает теплопродукцию.
- Эффекторами являются органы, которые обеспечивают образование тепла - (скелетные мышцы, печень, желудочно-кишечный тракт) или выделение тепла (поверхностные кровеносные сосуды, кожа, легкие).
- Кора больших полушарий содержит высшие центры терморегуляции.

-



# Теплорегуляция.





***Спасибо за  
внимание!***